

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/02, H01L21/68, H05B3/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/02, H01L21/68, H05B3/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 9-40481 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 10 February, 1997 (10.02.97), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1-3
Y	JP 40-701 B (Dai 1 Reesu K.K.), 11 January, 1965 (11.01.65), Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-3
A	JP 8-315968 A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 29 November, 1996 (29.11.96), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-3
A	JP 5-258843 A (Toshiba Lighting & Technology Corporation), 08 October, 1993 (08.10.93), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
24 October, 2001 (24.10.01)Date of mailing of the international search report
06 November, 2001 (06.11.01)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT COOPERATION TREATY

PCT

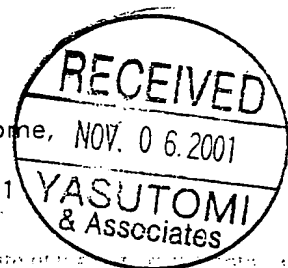
NOTIFICATION CONCERNING
SUBMISSION OR TRANSMITTAL
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

YASUTOMI, Yasuo
Chuo BLDG.
4-20, Nishinakajima 5-chome,
Yodogawa-ku
Osaka-shi, Osaka 532-0011
JAPON



Date of mailing (day/month/year) 29 October 2001 (29.10.01)	
Applicant's or agent's file reference IB661WO	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/JP01/06288	International filing date (day/month/year) 19 July 2001 (19.07.01)
International publication date (day/month/year) Not yet published	Priority date (day/month/year) 19 July 2000 (19.07.00)
Applicant IBIDEN CO., LTD. et al	

1. The applicant is hereby notified of the date of receipt (except where the letters "NR" appear in the right-hand column) by the International Bureau of the priority document(s) relating to the earlier application(s) indicated below. Unless otherwise indicated by an asterisk appearing next to a date of receipt, or by the letters "NR", in the right-hand column, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
2. This updates and replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents.
3. An asterisk(*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b). In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
4. The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which was not received by the International Bureau or which the applicant did not request the receiving Office to prepare and transmit to the International Bureau, as provided by Rule 17.1(a) or (b), respectively. In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

<u>Priority date</u>	<u>Priority application No.</u>	<u>Country or regional Office or PCT receiving Office</u>	<u>Date of receipt of priority document</u>
19 July 2000 (19.07.00)	2000-219671	JP	12 Octo 2001 (12.10.01)
13 Sept 2000 (13.09.00)	2000-278772	JP	12 Octo 2001 (12.10.01)

The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No. (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Somsak THIPHRAKESONE

Telephone No. (41-22) 338.83.38

THIS PAGE BLANK (USPTO)

P C T

国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)
〔PCT18条、PCT規則43、44〕

出願人又は代理人 の書類記号 IB661WO	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JPO1/06288	国際出願日 (日.月.年) 19.07.01	優先日 (日.月.年) 19.07.00
出願人(氏名又は名称) イビデン株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は、☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 5 図とする。☐ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☒ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/02, H01L21/68, H05B3/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/02, H01L21/68, H05B3/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 9-40481 A (信越化学工業株式会社) 10. 2月. 1997 (10. 02. 97) 全文, 図1 (ファミリーなし)	1-3
Y	J P 40-701 B (第1レース株式会社) 11. 1月. 1965 (11. 01. 65) 全文, 図1-2 (ファミリーなし)	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 10. 01

国際調査報告の発送日

05.11.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小野田 誠

4M

8427

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

THIS PAGE BLANK (USPTO)

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	— 関連する 請求の範囲の番号
A	JP 8-315968 A (松下電器産業株式会社) 29. 11月. 1996 (29. 11. 96) 全文, 図1-6 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 5-258843 A (東芝ライテック株式会社) 8. 10月. 1993 (08. 10. 93) 全文, 図1-7 (ファミリーなし)	1-3

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002 年 1 月 24 日 (24.01.2002)

PCT

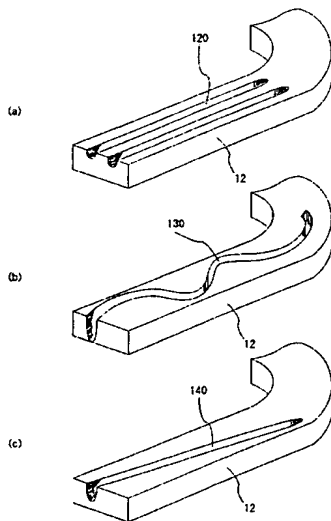
(10) 国際公開番号
WO 02/07196 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 21/02, 21/68, H05B 3/20 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/06288 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 伊藤 淳 (ITO, Atsushi) [JP/JP]. 苅谷 悟 (KARIYA, Satoru) [JP/JP]; 〒501-0695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデン株式会社内 Gifu (JP).
(22) 国際出願日: 2001 年 7 月 19 日 (19.07.2001)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2000-219671 2000 年 7 月 19 日 (19.07.2000) JP
特願2000-278772 2000 年 9 月 13 日 (13.09.2000) JP
(74) 代理人: 安富康男, 外 (YASUTOMI, Yasuo et al.); 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目4番20号 中央ビル Osaka (JP).
(81) 指定国 (国内): US.
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): イビデン株式会社 (IBIDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒503-0917 岐阜県大垣市神田町2丁目1番地 Gifu (JP).
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR MANUFACTURING/TESTING CERAMIC HEATER

(54) 発明の名称: 半導体製造・検査装置用セラミックヒータ



(57) Abstract: A semiconductor manufacturing/testing ceramic heater which has a resistance heating element almost free from variations in resistance and a heating surface excellent in temperature uniformity, the resistance heating element being formed on a ceramic substrate, characterized in that grooves are formed in the resistance heating element in a current running direction thereof.

(57) 要約:

本発明の目的は、抵抗発熱体に抵抗値のばらつきがほとんどなく、加熱面の温度均一性に優れた半導体製造・検査装置用セラミックヒータを提供することにある。本発明は、セラミック基板上に抵抗発熱体を形成した半導体製造・検査装置用セラミックヒータであって、抵抗発熱体の電流が流れる方向に沿って溝が形成されてなることを特徴とする。



WO 02/07196 A1



添付公開書類：
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

半導体製造・検査装置用セラミックヒータ

技術分野

本発明は、主に、半導体の製造や検査のために用いられる半導体製造・検査装置用セラミックヒータ（ホットプレート）に関する。

背景技術

従来、エッチング装置や化学的気相成長装置等を含む半導体製造・検査装置等として、ステンレス鋼やアルミニウム合金などの金属製基材を用いたヒータやウエハプローバ等が用いられてきた。

しかし、金属製のヒータは、ヒータ板が厚いため、ヒータの重量が重く、嵩張る等の問題があり、さらに、これらに起因して昇温降温特性にも問題があった。

そこで、特開平11-40330号公報等には、基板として、熱伝導率が高く、強度も大きい窒化物セラミックや炭化物セラミックを使用し、これらのセラミックからなる板状体（セラミック基板）の表面に、金属粒子を焼結して形成した抵抗発熱体を設けてなる半導体製造・検査装置用セラミックヒータが開示されている。

このような半導体製造・検査装置用セラミックヒータを製造する際に抵抗発熱体を形成する方法としては、以下のような方法が挙げられる。

まず初めに、所定形状のセラミック基板を製造するが、この後、塗布法で抵抗発熱体を形成する場合、続いて、このセラミック基板の表面に、スクリーン印刷等の方法を用いて発熱体パターンの導体ペースト層を形成し、加熱、焼成を行って、抵抗発熱体を形成していた。

また、スパッタリング等の物理的蒸着法やめっき法を用いて抵抗発熱体を形成する場合には、セラミック基板の所定領域に、これらの方法により金属層を形成しておき、その後、発熱体パターンの部分を覆うようにエッチングレジストを形成した後、エッチング処理を施すことにより、所定パターンの抵抗発熱体を形成していた。

また、初めに、発熱体パターン以外の部分を樹脂等を被覆しておき、この後、

上記処理を施すことにより、一度の処理でセラミック基板の表面に所定パターンの抵抗発熱体を形成することもできる。

発明の要約

5 しかしながら、スパッタリングやめっき等の方法では、精密なパターンを形成することができるものの、所定パターンの抵抗発熱体を形成するために、セラミック基板表面にフォトリソグラフィーの手法を用いてエッチングレジストやめっきレジスト等を形成する必要があるため、製造コストが高くつくという問題があった。

10 一方、導体ペーストを用いる方法では、上記したように、スクリーン印刷等の手法を用いることにより、比較的低コストで抵抗発熱体を形成することができるものの、精密なパターンを作製しようとする、印刷時のわずかなミスで短絡等が発生してしまい、精密なパターンの抵抗発熱体を形成するのが難しいという問題があった。また、印刷の厚さがばらついて抵抗値にもばらつきが発生してしまうという問題を抱えていた。

そこで、本発明者らは、このような抵抗発熱体の抵抗値のばらつきを抑制するために、トリミングを行って抵抗値を調整することを想起するに至った。

さらに、トリミングの形状についても研究し、好適なトリミング形状についても新たな知見を得、本発明を完成するに至った。

20 すなわち、本発明は、セラミック基板上に抵抗発熱体を形成した半導体製造・検査装置用セラミックヒータであって、抵抗発熱体の電流が流れる方向に沿って溝が形成されてなることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミックヒータである。

図5(a)に示すように、トリミングによる溝120が抵抗発熱体12の電流
25 が流れる方向に沿って概ね平行に形成されていると、局部的に抵抗値が大きくなってしまいうことがない。

図6に示すように、抵抗発熱体22の電流が流れる方向に対して垂直にトリミングがなされ、切り込み22aが形成されている場合、抵抗発熱体22のAの部分の抵抗値が極端に高くなり、図7に示すように、発熱で抵抗発熱体22が溶融

してしまう。しかしながら、本発明では、このような極端な発熱が生じず、抵抗発熱体の過熱による破損等が発生することはない。さらに、極端な抵抗値の上昇がなく、抵抗値のばらつきを5%以下と極めて小さくすることが可能である。

5 なお、電流の伝搬方向と溝の形成方向は、数学的に平行である必要はなく、図5(b)に示すように、溝130が曲線を描くように形成されていてもよく、図5(c)に示すように、溝140が電流の伝搬方向に対して斜線を描くように形成されていてもよい。要するに、溝の方向が電流の伝搬方向に対して平行か、または、電流の伝搬方向と溝の形成方向とのなす角が鋭角であればよい。

10 また、このように抵抗発熱体の抵抗値のばらつきを小さくすることができるため、抵抗発熱体を複数回路に分割して制御する場合でも、分割数を減らすことができ、制御しやすくすることができる。抵抗値のばらつきが大きい場合は、細かく回路を分割して、各回路（チャンネル）毎に投入電力量を変えて温度制御する必要があるが、本発明では抵抗値のばらつきがほとんどないため、細かい分割が不要となり、制御しやすくなるのである。さらに、昇温の過渡時の加熱面の温度
15 を均一にすることが可能となる。

また、レーザでトリミングする場合に、抵抗発熱体の電流が流れる方向に対して垂直にトリミングを行うと、セラミック基板表面にレーザを照射することになり、セラミック基板が変色して外観不良やセラミックの強度低下を招いてしまう。

20 しかしながら、本発明のように、抵抗発熱体の電流が流れる方向に沿って概ね平行に溝を形成しておく、と、変色部分が隠れるだけでなく、余分な熱エネルギーがセラミック基板に伝わらないため、強度低下を防止することができる。

上記トリミングによる溝は、抵抗発熱体厚さの20%以上の深さを持つことが望ましく、50%以上の深さを持つことがより望ましい。20%未満の深さでは、抵抗値の変化がほとんどないからである。

25 また、抵抗発熱体の幅は、0.5mm以上が望ましい。0.5mm未満では、抵抗発熱体が細すぎるため、抵抗発熱体の電流が流れる方向に沿って概ね平行にトリミングすることが困難だからである。

本発明では、セラミック基板の上に抵抗発熱体を金属または金属と酸化物とを含む導体ペーストで形成するため、特にレーザ光でトリミングしやすい。金属は

レーザで蒸発除去されるが、セラミックは除去されにくいからである。従って、半導体ウェハやプリント配線板上のレーザトリミングとは全く異なり、レーザ光出力を加減しなくてすみ、除去残渣がなく、精度よいトリミングを実現することができる。さらに、セラミック基板であるため、上記トリミングに起因して反つたり、著しく強度が低下することもない。

以下、本発明を実施形態に則して説明する。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の半導体製造・検査装置用セラミックヒータの一例を模式的に示す底面図である。

図 2 は、図 1 に示したセラミック基板の部分拡大断面図である。

図 3 は、本発明の半導体製造・検査装置用セラミックヒータを製造する際に用いるレーザトリミング装置の概要を示すブロック図である。

図 4 は、図 3 に示したレーザトリミング装置を構成するテーブルを模式的に示す斜視図である。

図 5 において、(a)～(c) は、電流が流れる方向に沿って概ね平行にトリミングによる溝が形成された抵抗発熱体を模式的に示す斜視図である。

図 6 は、電流が流れる方向と垂直にトリミングによる溝が形成された抵抗発熱体を模式的に示す斜視図である。

図 7 は、熔融した抵抗発熱体を示す写真である。

図 8 は、抵抗値を測定するために抵抗発熱体を複数の領域に分割する様子を示す斜視図である。

図 9 は、抵抗発熱体の断面の形状（位置と高さ）を示すグラフである。

図 10 において、(a)～(d) は、本発明の抵抗発熱体を製造する際の各工程を示す断面図である。

符号の説明

1 1 セラミック基板

1 1 a 加熱面

- 1 1 b 底面
- 1 2 (1 2 a ~ 1 2 g) 抵抗発熱体
- 1 2 m 導体層
- 1 3 テーブル
- 5 1 3 a 嵌合用突起部
- 1 3 b 固定用突起部
- 1 4 レーザ照射装置
- 1 5 ガルバノミラー
- 1 6 モータ
- 10 1 7 制御部
- 1 8 記憶部
- 1 9 演算部
- 2 0 入力部
- 2 1 カメラ
- 15 2 2 レーザ光
- 3 0 セラミックヒータ
- 3 3 外部端子
- 3 4 有底孔
- 3 5 貫通孔
- 20 3 6 リフターピン
- 3 9 シリコンウエハ

発明の詳細な開示

本発明の半導体製造・検査装置用セラミックヒータは、セラミック基板上に抵抗発熱体を形成した半導体製造・検査装置用セラミックヒータであって、抵抗発熱体に電流が流れる方向に沿って溝が形成されてなることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミックヒータである。

なお、以下の記載では、半導体製造・検査装置用セラミックヒータのことを、単にセラミックヒータともいうこととする。

このセラミックヒータは、発熱体形成面の反対側面が加熱面となっており、抵抗発熱体にトリミングによる溝が形成され、抵抗発熱体全体の抵抗値が調整され、その結果、加熱面の温度分布が均一になるように構成されている。

上記トリミングは、レーザ光の照射、サンドブラストを用いた研磨処理、ベルトサンダーを用いた研磨処理等により行うことができる。

レーザ光としては、例えば、YAGレーザ、エキシマレーザ（KrF）、炭酸ガスレーザなどを使用することができる。

上記トリミングは、抵抗発熱体の表面に形成されている。抵抗発熱体の側面にトリミングが形成されると、抵抗が局所的に高くなる部分が生じて、発熱で溶融してしまうからである。図5（a）～（c）は、抵抗発熱体の表面を電流の流れる方向に沿って概ね平行にトリミングした場合の抵抗発熱体12を模式的に示す斜視図である。トリミングにより形成する溝120、130、140は、図5に示したような直線状または曲線状であるが、この直線状の溝や曲線状の溝は、複数形成されていてもよい。

さらに、抵抗発熱体が円弧を描く形状で形成されている場合には、円形の抵抗発熱体の内周側をトリミングした方が、抵抗値を大きく変えることができる。これは、電流が内周ほど流れやすいためである。

上記溝は、抵抗発熱体の厚さの20%以上の深さを持つことが望ましい。抵抗値を変えることができるからである。

溝の深さが20%未満では、抵抗値がほとんど変わらない。

上記抵抗発熱体の抵抗値のばらつきに関し、平均抵抗値に対する抵抗値のばらつきは5%以下が望ましく、1%がより望ましい。このようにばらつきを小さくすることにより、抵抗発熱体を複数回路に分割して制御する場合でも、分割数を減らすことができ制御しやすくすることができる。さらに、昇温の過渡時の加熱面の温度を均一にすることが可能となる。

さらに、抵抗発熱体の抵抗値のばらつきは、抵抗発熱体を印刷する際に、その厚さや幅等を均一化することにより25%以下に抑制し、さらにトリミングで5%以下に調整することが望ましい。抵抗発熱体の印刷段階でばらつきを小さくした方が、トリミングによる調整がしやすいからである。

上記溝の幅は、 $1 \sim 100 \mu\text{m}$ 程度が望ましい。幅が $100 \mu\text{m}$ を超えると、断線などが発生しやすくなり、一方、幅が $1 \mu\text{m}$ 未満では、抵抗発熱体の抵抗値の調整が難しいからである。レーザ光のスポット径は、 $1 \mu\text{m} \sim 2 \text{cm}$ で調整する。

- 5 上記トリミングは、抵抗発熱体の抵抗値を測定し、その測定値に基づいて行うことが望ましい。抵抗値の精度よい調整が可能になるからである。

抵抗値の測定は、図8に示すように、例えば、抵抗発熱体パターンを $1_1 \sim 1_6$ まで分割し、各区画について抵抗値を測定する。そして、抵抗値が低い区画についてトリミング処理を実施する。

- 10 トリミング処理が終わった後、再度抵抗値測定を実施し、必要があればさらにトリミングを実施してもよい。すなわち、抵抗値測定とトリミングは1回だけではなく、2回以上実施してもよい。

- トリミングは、抵抗発熱体ペーストを印刷した後焼成し、その後に実施することが望ましい。焼成により抵抗値が変動したり、ペーストがレーザ光の照射に起因して剥離することがあるからである。
- 15

- また、最初に抵抗発熱体ペーストを面状（いわゆるベタ状）に印刷し、トリミングによりパターン化してもよい。最初からパターン状に印刷しようとする、印刷方向により厚さのばらつきが発生するが、面状に印刷する場合には均一な厚さで印刷することができるため、これをトリミングしてパターン化することにより、均一な厚さの発熱体パターンを得ることができる。
- 20

次に本発明のトリミングシステムについて説明する。

図3は、本発明のセラミックヒータの製造に用いるレーザトリミング装置の概要を示すブロック図である。

- レーザトリミングを行う際には、図3に示したように、形成する抵抗発熱体の回路を含むように、所定幅の同心円形状に導体層 12m が形成されているか、または、所定パターンの抵抗発熱体が形成された円板状のセラミック基板 11 をテーブル 13 上に固定する。
- 25

このテーブル 13 には、モータ等（図示せず）が設けられているとともに、このモータ等は制御部 17 に接続されており、制御部 17 からの信号でモータ等を

駆動させることにより、テーブル 13 を x y 方向（あるいはこれに加えて θ 方向）に自由に移動させることができるようになっている。

一方、このテーブル 13 の上方には、ガルバノミラー 15 が設けられているが、このガルバノミラー 15 は、モータ 16 により自由に回転できるようになっており、同じくテーブル 13 の上方に配置されたレーザ照射装置 14 から照射されたレーザ光 22 が、このガルバノミラー 15 に当たって、反射し、セラミック基板 11 を照射するように構成されている。

また、モータ 16 およびレーザ照射装置 14 は、制御部 17 に接続されており、制御部 17 からの信号でモータ 16 やレーザ照射装置 14 を駆動させることにより、ガルバノミラー 15 を所定の角度回転させ、セラミック基板 11 上の x - y 方向について、照射位置を自由に設定することができるようになっている。

このように、セラミック基板 11 を載置したテーブル 13 および／またはガルバノミラー 15 を動かすことにより、セラミック基板 11 上の任意の位置にレーザ光 22 を照射することができる。

一方、テーブル 13 の上方には、カメラ 21 も設置されており、これにより、セラミック基板 11 の位置 (x , y) を認識することができるようになっている。このカメラ 21 は、記憶部 18 に接続され、これによりセラミック基板 11 の導体層 12 m の位置 (x , y) 等を認識し、その位置にレーザ光 22 を照射する。

また、入力部 20 は、記憶部 18 に接続されるとともに、端末としてキーボード等（図示せず）を有しており、記憶部 18 やキーボード等を介して、所定の指示等が入力されるようになっている。

さらに、このレーザトリミング装置は、演算部 19 を備えており、カメラ 21 により認識されたセラミック基板 11 の位置や厚さ等のデータに基づいて、レーザ光 22 の照射位置、照射速度、レーザ光の強度等を制御するための演算を行い、この演算結果に基づいて制御部 17 からモータ 16、レーザ照射装置 14 等に指示を出し、ガルバノミラー 15 を回転させるか、または、テーブル 13 を移動させながらレーザ光 22 を照射し、導体層 12 m の不要部分、または、抵抗発熱体パターンの電流が流れる方向に沿って概ね平行にトリミングを行う。

また、このレーザトリミング装置は、抵抗測定部を有している。抵抗測定部は、

複数のテストピンを備えており、抵抗発熱体パターンを複数の区画に区分し、各区画毎にテストピンを接触させて、抵抗発熱体の抵抗値を測定し、その区画にレーザ光を照射し、抵抗発熱体の電流が流れる方向に沿って概ね平行にトリミングを行うのである。

- 5 次に、このようなレーザトリミング装置を用いたセラミックヒータの製造方法について具体的に説明する。ここでは、本発明の要部であるレーザトリミング工程について詳しく説明し、それ以外の工程については簡単に説明する。なお、これらトリミング以外の工程については、後でより詳しく説明する。

- 10 最初に、セラミック基板の製造を行うが、まず、セラミック粉末と樹脂とからなる生成形体を作製する。この生成形体の作製方法としては、セラミック粉末と樹脂とを含む顆粒を製造した後、これを金型等に投入してプレス圧をかけることにより作製する方法と、グリーンシートを積層圧着することにより作製する方法とがあり、内部に静電電極等の他の導体層を形成するか否か等により、より適切な方法を選択する。この後、生成形体の脱脂、焼成を行うことにより、セラミッ
15 ク基板を製造する。

この後、セラミック基板にリフターピンを挿通するための貫通孔の形成、測温素子を埋設するための有底孔の形成等を行う。

- 20 次に、このセラミック基板 1 1 上に、抵抗発熱体となる部分を含む広い領域に、スクリーン印刷等により図 3 に示した形状の導体ペースト層を形成し、焼成することにより導体層 1 2 m とする。

めっき法やスパッタリング等の物理蒸着法を用いて導体層を形成してもよい。めっきの場合には、めっきレジストを形成することにより、スパッタリング等の場合には、選択的なエッチングを行うことにより、所定領域に導体層 1 2 m を形成することができる。

- 25 また、導体層は、上述したように抵抗発熱体パターンとして形成されていてもよい。

このようにして所定領域に導体層 1 2 m が形成されるか、または、所定パターンの抵抗発熱体が形成されたセラミック基板 1 1 をテーブル 1 3 の所定位置に固定する。

あらかじめ、トリミングデータ、抵抗発熱体パターンのデータ、トリミングデータと抵抗発熱体パターンのデータの両方等を入力部 20 から入力し、記憶部 19 に格納する。すなわち、トリミングにより形成しようとする形状のデータを記憶しておくのである。トリミングデータは、抵抗発熱体パターンの側面や表面のトリミング、厚さ方向のトリミング、梯子状のパターンのトリミング等を行う場合に使用されるデータであり、抵抗発熱体パターンデータは、面状（いわゆるベタ状）に印刷された導体層をトリミングして抵抗発熱体パターンを形成する場合に使用される。無論、これらを併用することもできる。

さらに、これらのデータに加えて、所望とする抵抗値データを入力し、記憶部に格納しておいてもよい。これは抵抗測定部において、抵抗値を実測し所望とする抵抗値にどれだけ相違があるかを演算し、これを所望とする抵抗値に補正するためにどのようなトリミングを行うかを演算、制御データを生成させるのである。

次に、固定されたセラミック基板 11 をカメラ 21 で撮影することにより、導体層 12 m の形成位置や抵抗発熱体のパターンが記憶部 18 に記憶される。

この導体層の位置のデータ、トリミングにより形成しようとする形状のデータ、および必要に応じて抵抗値データに基づいて、演算部 19 で演算が行われ、その結果が制御データとして記憶部 18 に記憶される。

そして、この演算結果に基づいて、制御部 17 から制御信号を発生させ、ガルバノミラー 15 のモータ 16、および／または、テーブル 13 のモータを駆動させながら、レーザ光を照射することにより、導体層 12 m の不必要な部分または抵抗発熱体の抵抗を上げたい部分を、上記方法を用いてトリミングする。

図 3、4 に示すように、テーブル 13 には、セラミック基板 11 の側面と接触する固定用突起 13 b とリフターピンを挿入する貫通孔に嵌合する嵌合用突起 13 a とがあり、これらの突起を用いて、セラミック基板 11 をテーブル 13 a 上に固定する。

その後、外部端子の接続、測温素子の設置等を経て、セラミックヒータの製造が終了する。

抵抗値の制御は、図 8 に示すように、抵抗発熱体パターンを 2 以上に区画（1₁～1₆）して各区画毎に、抵抗値の制御を行う。

本発明では、図 5 に示すように、抵抗発熱体 1 2 の電流が流れる方向に沿って概ね平行に溝 1 2 0 を形成することにより、抵抗値を制御する。

導体層等の不要部分を除去する際には、レーザ光照射により導体層等のトリミングすべき部分はトリミングするものの、その下に存在するセラミック基板には、
5 レーザ光照射により大きな影響を与えないことが重要になる。

従って、レーザ光は、導体層等を構成する金属粒子等には良好に吸収され、一方、セラミック基板に吸収されにくいものを選定する必要がある。このようなレーザの種類としては、上記したように、例えば、YAGレーザ、炭酸ガスレーザ、エキシマレーザ、UV（紫外線）レーザ等が挙げられる。

10 これらのなかでは、YAGレーザ、エキシマ（KrF）レーザが最適である。

セラミック基板 1 1 は、レーザ光が吸収されにくい材質のものが好ましく、例えば、窒化アルミニウム基板の場合には、炭素含有量が 5 0 0 0 p p m 以下の炭素含有量が少ないものが好ましい。また、表面の面粗度を J I S B 0 6 0 1 R a で 2 0 μ m 以下にすることが望ましい。面粗度が大きい場合は、レーザ光を
15 吸収してしまうからである。

YAGレーザとしては、日本電気社製の S L 4 3 2 H、S L 4 3 6 G、S L 4 3 2 G T、S L 4 1 1 B などを採用することができる。

レーザはパルス光であることが望ましい。極めて短い時間に大きなエネルギーを抵抗発熱体に照射することができ、セラミック基板に対するダメージを小さく
20 することができるからである。パルスは、1 k H z 以下が望ましい。1 k H z を超えると、レーザのファーストパルスのエネルギーが高くなり、過剰にトリミングされてしまうからである。

また、加工スピードは、1 0 0 m m / 秒以下が望ましい。1 0 0 m m / 秒を超えると、周波数を高くしないかぎり、溝を形成することができないからである。
25 前述のように、周波数は 1 k H z 以下を上限とするため、1 0 0 m m / 秒以下が望ましい。

さらに、抵抗発熱体を完全に断線させる場合には、レーザの出力は 0 . 3 W 以上が望ましい。

図 1 は、上記方法によりトリミング処理された抵抗発熱体 1 2 （1 2 a ~ 1 2

d) を有するセラミックヒータ 30 を模式的に示す底面図であり、図 2 は、その部分拡大断面図である。

このセラミックヒータ 30 では、抵抗発熱体 12 (12a ~ 12d) は、ウエハ加熱面 11a の全体の温度が均一になるように加熱するため、セラミック基板 11 の底面 11b に同心円形状のパターンと屈曲線形状のパターンにより形成されている。

なお、このセラミックヒータ 30 では、中央に近い部分に、シリコンウエハ 39 を運搬等するリフターピン 36 を挿通するための貫通孔 35 が形成され、さらに、測温素子を挿入するための有底孔 34 が形成されている。

また、抵抗発熱体 12 は、金属被覆層 120 により被覆、保護されており、この抵抗発熱体 12 の端部には、外部端子 33 が半田層 (図示せず) 等を介して接続されている。

本発明のセラミックヒータ 30 では、シリコンウエハ 39 等の被加熱物をセラミック基板 11 の加熱面 11a に接触させた状態で載置して加熱するほか、さらに、セラミック基板に凹部や貫通孔等を形成し、この凹部等に先端が尖塔状または半球状の支持ピンを先端がセラミック基板の表面よりわずかに突出した状態で挿入、固定し、シリコンウエハ 39 等の被加熱物をこの支持ピンで支持することにより、セラミック基板との間に一定の間隔を保って保持してもよい。

加熱面とウエハとの距離は、5 ~ 5000 μm が好ましい。

また、貫通孔にリフターピンを挿入し、このリフターピン 36 を上下させることにより、搬送機からシリコンウエハ 39 等の被加熱物を受け取ったり、被加熱物をセラミック基板 11 上に載置したり、被加熱物を支持したまま加熱したりすることができる。

本発明のセラミックヒータのように、セラミック基板の表面 (底面) に抵抗発熱体を設ける場合は、加熱面は抵抗発熱体形成面の反対側であることが望ましい。セラミック基板が熱拡散の役割を果たすため、加熱面の温度均一性を向上させることができるからである。

本発明のセラミックヒータにおけるセラミック基板は、円板であることが望ましく、その直径は 190 mm を超えるものが望ましい。このような直径が大きい

ものほど加熱面での温度ばらつきが大きくなるからである。

また、本発明のセラミックヒータのセラミック基板の厚さは、2.5 mm以下であることが望ましい。上記セラミック基板の厚さが2.5 mmを超えると温度追従性が低下するからである。

- 5 また、その厚さは、1.5 mmを超え5 mm以下であることがより望ましい。5 mmより厚くなると、熱が伝搬しにくくなり、加熱の効率が低下する傾向が生じ、一方、1.5 mm以下であると、セラミック基板中を伝搬する熱が十分に拡散しないため加熱面に温度ばらつきが発生することがあり、また、セラミック基板の強度が低下して破損する場合があるからである。

- 10 本発明のセラミックヒータでは、基板の材料としてセラミックを使用しているが、セラミックとしては特に限定されず、例えば、窒化物セラミック、炭化物セラミック、酸化物セラミック等を挙げることができる。

セラミック基板の材料として、これらのなかでは、窒化物セラミックや炭化物セラミックが好ましい。熱伝導特性に優れるからである。

- 15 上記窒化物セラミックとしては、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。また、上記炭化物セラミックとしては、炭化珪素、炭化チタン、炭化硼素等が挙げられる。さらに、上記酸化物セラミックとしては、アルミナ、コージェライト、ムライト、シリカ、ベリリア等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

- 20 これらのなかでは、窒化アルミニウムが最も好ましい。熱伝導率が180 W/m・Kと最も高いからである。

- ただし、セラミック基板は、レーザ光を吸収しないように、カーボンの量を少なくする、あるいは、表面を研磨してJIS B0601 Raで10 μm以下に調整するなどの工夫が必要になる。また必要に応じて、抵抗発熱体とセラミッ
25 ク基板の間に耐熱性セラミック層を設けてもよい。例えば、非酸化物系セラミックの場合は、表面に酸化物セラミックを形成しておいてもよい。

セラミック基板の表面または内部に形成される抵抗発熱体は、少なくとも2以上の回路に分割されていることが望ましい。回路を分割することにより、各回路（チャンネル）に投入する電力を制御して発熱量を変えることができ、シリコン

ウエハの加熱面の温度を調整することができるからである。なお、回路数は、15未満の回路数であることが望ましい。制御しやすいあからである。本発明では、抵抗値のばらつきを小さくできりため、回路数を15未満と小さくすることができる。

- 5 抵抗発熱体のパターンとしては、例えば、同心円、渦巻き、偏心円、屈曲線などが挙げられるが、セラミック基板全体の温度を均一にすることができる点から、図1に示したような同心円状のものか、または、同心円形状と屈曲形状とを組み合わせたものが好ましい。

- 抵抗発熱体をセラミック基板の表面に形成する方法としては、上述した方法を用いる。すなわち、セラミック基板の所定領域に導体ペーストを塗布し、次に、導体ペースト層を形成した後にレーザによるトリミング処理を行うか、または、導体ペーストを焼き付けた後、レーザによるトリミング処理を行い、所定パターンの抵抗発熱体を形成する。焼成によりセラミック基板の表面で金属粒子を焼結させることができる。なお、金属の焼結は、金属粒子同士および金属粒子とセラミックとが融着していれば充分である。また、金属粒子は、ガラスフリットと呼ばれる酸化物を介してセラミック基板に密着する。トリミングは焼成後が最適である。焼成により抵抗値の変動があるため、焼成後の方が精度よく抵抗値制御ができるからである。
- 10
- 15

- なお、めっき法やスパッタリング等の方法を用いて所定領域に導体層を形成し、レーザによるトリミング処理を行ってもよい。
- 20

セラミック基板の表面に抵抗発熱体を形成する場合には、抵抗発熱体の厚さは、1～30 μm が好ましく、1～15 μm がより好ましい。また、抵抗発熱体の幅は、0.5～20 mmが好ましく、0.5～5 mmがより好ましい。

- 抵抗発熱体は、その幅や厚さにより抵抗値に変化を持たせることができるが、上記した範囲が最も実用的である。この抵抗値（体積抵抗率）は、上述したように、レーザ光を用いることにより調整することができる。
- 25

抵抗発熱体は、断面形状が矩形であっても、かまぼこ形や楕円であってもよいが、偏平であることが望ましい。偏平の方が加熱面に向かって放熱しやすいため、加熱面の温度分布ができにくいからである。

断面のアスペクト比（抵抗発熱体の幅／抵抗発熱体の厚さ）は、10～5000であることが望ましい。

この範囲に調整することにより、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることができるとともに、加熱面の温度の均一性を確保することができるからである。

- 5 抵抗発熱体の厚さを一定とした場合、アスペクト比が上記範囲より小さいと、セラミック基板の加熱面方向への熱の伝搬量が小さくなり、抵抗発熱体のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまい、逆にアスペクト比が大きすぎると抵抗発熱体の中央の直上部分が高温となってしまう、結局、抵抗発熱体のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまう。従って、温度分布を考慮すると、断面のアスペクト比は、10～5000であることが好ましいのである。

上記導体ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するための金属粒子または導電性セラミックが含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤などを含むものが好ましい。

- 15 上記金属粒子としては、例えば、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タングステン、モリブデン、ニッケルなどが好ましい。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらの金属は、比較的酸化しにくく、発熱するに十分な抵抗値を有するからである。

上記導電性セラミックとしては、例えば、タングステン、モリブデンの炭化物などが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

- 20 これら金属粒子または導電性セラミック粒子の粒径は、0.1～100 μ mが好ましい。0.1 μ m未満と微細すぎると、酸化されやすく、一方、100 μ mを超えると、焼結しにくくなり、抵抗値が大きくなるだけでなく、印刷しにくくなるからである。

- 25 上記金属粒子の形状は、球状であっても、リン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってもよい。上記金属粒子がリン片状物、または、球状物とリン片状物との混合物の場合は、金属粒子間の金属酸化物を保持しやすくなり、抵抗発熱体と窒化物セラミック等との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができるため有利である。

導体ペーストに使用される樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール

樹脂などが挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコール、ブチルカルビトール、ジエチレンエーテルモノエチルエーテルなどが挙げられる。増粘剤としては、セルロースなどが挙げられる。

5 導体ペーストには、金属粒子に金属酸化物を添加し、抵抗発熱体と金属粒子および金属酸化物（ガラスフリット）とを焼結させたものとするのが望ましい。

このように、金属酸化物を金属粒子とともに焼結させることにより、セラミック基板である窒化物セラミック等と金属粒子とをより密着させることができる。

10 金属酸化物を混合することにより、窒化物セラミック等との密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子表面や窒化物セラミック等の表面は、わずかに酸化されて酸化膜が形成されており、この酸化膜同士が金属酸化物を介して焼結して一体化し、金属粒子と窒化物セラミック等とが密着するのではないかと考えられる。また、セラミック基板を構成するセラミックが酸化物セラミックの場合は、当然に表面が酸化物からなるので、密着性に優れた導体層が形成される。

15 上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）、アルミナ、イットリアおよびチタニアからなる群から選ばれる少なくとも1種が好ましい。

これらの酸化物は、抵抗発熱体12の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子と窒化物セラミック等との密着性を改善することができるからである。

20 上記酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合、重量比で、酸化鉛が1～10、シリカが1～30、酸化ホウ素が5～50、酸化亜鉛が20～70、アルミナが1～10、イットリアが1～50、チタニアが1～50であって、その合計が100重量部を超えない範囲で調整されていることが望ましい。

25 これらの範囲で、これらの酸化物の量を調整することにより、特に窒化物セラミック等との密着性を改善することができる。

上記金属酸化物の金属粒子に対する添加量は、0.1重量%以上10重量%未満が好ましい。また、このような構成の導体ペーストを使用して抵抗発熱体12を形成した際の面積抵抗率は、 $1\text{ m}\Omega/\square \sim 50\text{ m}\Omega/\square$ が好ましい。

面積抵抗率が $50 \text{ m}\Omega/\square$ を超えると、印加電圧量に対して発熱量は大きくなりすぎて、セラミック基板の表面に抵抗発熱体 12 を設けたセラミック基板 11 では、その発熱量を制御しにくいからである。なお、金属酸化物の添加量が 10 重量%以上であると、面積抵抗率が $50 \text{ m}\Omega/\square$ を超えてしまい、発熱量が大きくなりすぎて温度制御が難しくなり、温度分布の均一性が低下する。

また、必要に応じて面積抵抗率を $50 \text{ m}\Omega/\square \sim 10 \Omega/\square$ にすることができる。面積抵抗率を大きくすると、パターンを幅を広くすることができるため、断線の問題がない。

抵抗発熱体がセラミック基板の表面に形成される場合には、抵抗発熱体の表面部分に、金属被覆層が形成されていることが望ましい。内部の金属焼結体が酸化されて抵抗値が変化するのを防止するためである。形成する金属被覆層の厚さは、 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ が好ましい。

金属被覆層を形成する際に使用される金属は、非酸化性の金属であれば特に限定されないが、具体的には、例えば、金、銀、パラジウム、白金、ニッケル等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらのなかでは、ニッケルが好ましい。

さらに、被覆層としては、ガラスなどの無機絶縁層や耐熱性樹脂などを使用することもできる。

抵抗発熱体には、電源と接続するための端子が必要であり、この端子は、半田を介して抵抗発熱体に取り付けるが、ニッケルは、半田の熱拡散を防止するからである。接続端子としては、例えば、コバール製のものが挙げられる。

次に、レーザ処理を含む本発明のセラミックヒータの製造方法について、レーザ処理工程以外の工程に関し、図 10 に基づいてさらに詳しく説明する。レーザ処理工程については、前に詳しく説明したので、ここでは、簡単に説明する。

図 10 (a) ~ (d) は、レーザ処理を含む本発明のセラミックヒータの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

(1) セラミック基板の作製工程

窒化アルミニウム等のセラミックの粉末に、必要に応じて、イットリア (Y_2O_3) 等の焼結助剤、バインダ等を配合してスラリーを調製した後、このスラリ

一をスプレードライ等の方法で顆粒状にし、この顆粒を金型などに入れて加圧することにより板状などに成形し、生成形体（グリーン）を作製する。

次に、生成形体に、必要に応じて、シリコンウエハ 3 9 等の被加熱物を運搬等するためのリフターピン 3 6 を挿入する貫通孔 3 5 となる部分や熱電対などの測
5 温素子を埋め込むための有底孔となる部分等を形成する。

次に、この生成形体を加熱、焼成して焼結させ、セラミック製の板状体を製造する。この後、所定の形状に加工することにより、セラミック基板 1 1 を作製する（図 1 0 （a）参照）が、焼成後にそのまま使用することができる形状としてもよい。また、例えば、上下より加圧しながら加熱、焼成を行うことにより、気
10 孔のないセラミック基板 1 1 を製造することが可能となる。加熱、焼成は、焼結温度以上であればよいが、例えば、窒化物セラミックでは、1 0 0 0 ～ 2 5 0 0 °C である。

なお、通常は、焼成を行った後に、貫通孔 3 5 や測温素子を挿入するための有底孔（図示せず）を設ける。貫通孔 3 5 等は、表面研磨後に、S i C 粒子等を用いたサンドブラスト等のドリル加工を行うことにより形成することができる。
15

（2）セラミック基板に導体ペーストを印刷する工程

導体ペーストは、一般に、金属粒子、樹脂、溶剤からなる粘度の高い流動物である。この導体ペーストをスクリーン印刷などを用い、抵抗発熱体を設けようとする領域一体に印刷を行うことにより、導体ペースト層 1 2 m を形成する（図 1
20 0 （b））。

抵抗発熱体のパターンは、セラミック基板全体を均一な温度にする必要があることから、図 3 に示すような同心円形状と屈曲形状とからなるパターンとすることが望ましいが、導体ペースト層は、これらのパターンを含むように、幅広の同心円形状、または、円形状のパターンとする。

25 （3）導体ペーストの焼成

セラミック基板 1 1 の底面に印刷した導体ペースト層を加熱焼成して、樹脂、溶剤を除去するとともに、金属粒子を焼結させ、セラミック基板 1 1 の底面に焼き付け、所定の幅を有する導体層を形成（図 1 参照）した後、上述したレーザによるトリミング処理を行うことにより、所定パターンの抵抗発熱体 1 2 を形成す

る（図10（c）参照）。加熱焼成の温度は、500～1000℃が好ましい。

また、最初に同心円、渦巻き、屈曲パターンなどのパターンを形成しておき、その一部をトリミング処理してその抵抗値を調整し、抵抗発熱体12としてもよい。

5 （4）金属被覆層の形成

抵抗発熱体12表面には、図2に示したように、金属被覆層120を設けることが望ましい。金属被覆層120は、電解めっき、無電解めっき、スパッタリング等により形成することができるが、量産性を考慮すると、無電解めっきが最適である。なお、図10には、金属被覆層120を示していない。また、金属では
10 なく、ガラスまたは樹脂等により被覆してもよい。

（5）端子等の取り付け

抵抗発熱体12のパターンの端部に電源との接続のための端子（外部端子33）を半田を介して取り付ける（図10（d）参照）。また、有底孔34に熱電対を挿入し、ポリイミド等の耐熱樹脂等を用いて封止し、セラミックヒータの製造
15 を終了する。

なお、本発明のセラミックヒータでは、セラミック基板の内部に静電電極を設けることにより静電チャックとして使用することができ、また、表面にチャップトップ導体層を設け、内部にガード電極やグランド電極を設けることによりウエハプローバとして使用することができる。

20 なお、本発明のセラミックヒータでは、セラミック基板の内部に静電電極を設けることにより静電チャックとして使用することができ、また、表面にチャップトップ導体層を設け、内部にガード電極やグランド電極を設けることによりウエハプローバとして使用することができる。

25 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明をさらに詳細に説明する。

（実施例1）セラミックヒータの製造（図1、2参照）

（1）窒化アルミニウム粉末（平均粒径：0.6μm）100重量部、イットリア（平均粒径：0.4μm）4重量部、アクリルバイнда12重量部およびア

ルコールからなる組成物のスプレードライを行い、顆粒状の粉末を作製した。

(2) 次に、この顆粒状の粉末を金型に入れ、平板状に成形して生成形体（グリーン）を得た。

(3) 次に、この生成形体を1800℃、圧力：20MPaでホットプレスし、
5 厚さがほぼ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。

次に、この板状体から直径210mmの円板体を切り出し、セラミック製の板状体（セラミック基板11）とした。このセラミック基板にドリル加工を施し、シリコンウエハのリフターピン36を挿入する貫通孔35、熱電対を埋め込むための有底孔34（直径：1.1mm、深さ：2mm）を形成した。

10 (4) 上記(3)で得たセラミック基板11に、スクリーン印刷にて導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、図1に示したようなパターンであった。

上記導体ペーストとして、Ag48重量%、Pt21重量%、SiO₂1.0重量%、B₂O₃1.2重量%、ZnO4.1重量%、PbO3.4重量%、酢酸エチル3.4重量%、ブチルカルビトール17.9重量%からなる組成のもの
15 を使用した。

この導体ペーストは、Ag-Ptペーストであり、銀粒子は、平均粒径が4.5μmで、リン片状のものであった。また、Pt粒子は、平均粒子径0.5μmの球状であった。

(5) さらに、発熱体パターンの導体ペースト層を形成した後、セラミック基板11を850℃で加熱、焼成して、導体ペースト中のAg、Ptを焼結させるとともにセラミック基板11に焼き付けた。
20

抵抗発熱体のパターンは、図1に示したように、12a～12gの7チャンネルである。外周の4つのチャンネル（抵抗発熱体12a～12d）のトリミング前の抵抗値と各チャンネル内のばらつきを表1に記載する。なお、チャンネルとは、制御を行う際に、同一の電圧を印加して一の制御を行う回路をいうが、本実施例では、連続体として形成された各抵抗発熱体（12a～12g）を示す。
25

各チャンネル（抵抗発熱体12a～12d）内の抵抗ばらつきは、チャンネル内をさらに20分割して、分割した範囲内の両端で抵抗を測定し、その平均を平均分割抵抗値（表1では、平均値）とし、さらに、チャンネル内の最高抵抗値と

最低抵抗値との差と平均分割抵抗値とから、ばらつきを計算した。また、各チャンネル（抵抗発熱体 12a～12d）内の抵抗値は、分割して測定した全抵抗値の総和である。

- (6) 次に、トリミング用の装置として、波長が 1060 nm の YAG レーザ（日本電気製 S143AL 出力 5 W、パルス周波数 0.1～40 kHz）を用いた。この装置は、X-Y ステージ、ガルバノミラー、CCD カメラ、Nd:YAG レーザを備え、また、ステージとガルバノミラーを制御するコントローラを内蔵し、コントローラは、コンピュータ（日本電気製 FC-9821）に接続されている。コンピュータは、演算部と記憶部を兼ねる CPU を有している。
- また、記憶部と入力部を兼ねるハードディスクと 3.5 インチ FD ドライブを有している。

- このコンピュータに FD ドライブから発熱体パターンデータを入力し、さらに、導体層の位置を読み取って（読み取りは、導体層の特定箇所またはセラミック基板に形成されたマーカを基準にする）、必要な制御データを演算し、発熱体パターンを電流が流れる方向に概ね平行に照射し、その部分の導体層を除去し、セラミック基板に到達するまでの幅 50 μ m の溝を形成した。

- 抵抗発熱体は、厚さが 10 μ m、幅 2.4 mm であった。レーザは、1 kHz の周波数で、0.4 W の出力、バイトサイズは 10 μ m、加工スピードは 10 mm/秒 であった。トリミング後の、外周の 4 つのチャンネルの抵抗値と各チャンネル内のばらつきを表 2 に記載する。チャンネル内の抵抗ばらつきは、チャンネル内をさらに 20 分割して、分割した範囲内の両端で抵抗を測定し、その平均を平均分割抵抗値とし、さらに、チャンネル内の最高抵抗値と最低抵抗値との差と平均分割抵抗値とから、ばらつきを計算した。また、チャンネル内の抵抗値は、分割して測定した全抵抗値の総和である。

- 図 9 は、抵抗発熱体の溝部を含む断面の形状（位置と高さ）を示すグラフである。図 9 に示したデータより明らかなように、トリミングを行うことにより形成された溝は、セラミック基板まで達している。なお、断面形状の測定は、キーエンス社製のレーザ変位計により行った。

(8) 次に、電源との接続を確保するための外部端子 33 を取り付ける部分に、

Niめっきした後、スクリーン印刷により、銀-鉛半田ペースト（田中貴金属社製）を印刷して半田層を形成した。

次いで、半田層の上にコバール製の外部端子33を載置して、420℃で加熱リフローし、外部端子33を抵抗発熱体12の表面に取り付けた。

- 5 (9) 温度制御のための熱電対をポリイミドで封止し、セラミックヒータ10を得た。

(実施例2)

セラミック基板を以下のように製造したほかは、実施例1と同様にしてセラミックヒータを製造した。

- 10 (1) SiC粉末（平均粒径：1.1μm）100重量部、B₄C4重量部、アクリルバインダ12重量部およびアルコールからなる組成物のスプレードライを行い、顆粒状の粉末を作製した。

(2) 次に、この顆粒状の粉末を金型に入れ、平板状に成形して生成形体（グリーン）を得た。

- 15 (3) 次に、この生成形体を1890℃、圧力：20MPaでホットプレスし、厚さがほぼ3mmのSiC板状体を得た。さらに、表面を#800のダイヤモンド砥石で研磨し、ダイヤモンドペーストでポリッシングしてRa=0.008μmとした。さらに表面にガラスペースト（昭栄化学工業製 G-5177）を塗布し、600℃に昇温し、厚さ2μmのSiO₂層を形成した。

- 20 次に、この板状体から直径210mmの円板体を切り出し、セラミック製の板状体（セラミック基板11）とした。このセラミック基板にドリル加工を施し、シリコンウエハのリフターピン36を挿入する貫通孔35、熱電対を埋め込むための有底孔34（直径：1.1mm、深さ：2mm）を形成した。

(比較例1)

- 25 実施例1と同様であるが、トリミングを抵抗発熱体の電流が流れる方向に垂直に複数回実施した。

表 1

トリミング前の各抵抗発熱体の抵抗値のばらつき

	抵抗発熱体 1 2 a		抵抗発熱体 1 2 b		抵抗発熱体 1 2 c		抵抗発熱体 1 2 d		抵抗発熱体間のばらつき (%)
	平均値 (Ω)	バラツキ (%)	平均値 (Ω)	バラツキ (%)	平均値 (Ω)	バラツキ (%)	平均値 (Ω)	バラツキ (%)	
実施例 1	535	11.6	547	7.0	540	7.4	548	12.4	2.4
実施例 2	540	10.0	536	8.0	545	7.0	547	11.5	2.0
比較例 1	541	11.0	535	8.0	544	8.0	547	14.5	2.2

表 2

トリミング後の各抵抗発熱体の抵抗値のばらつき

	抵抗発熱体 1 2 a		抵抗発熱体 1 2 b		抵抗発熱体 1 2 c		抵抗発熱体 1 2 d		抵抗発熱体間のばらつき (%)
	平均値 (Ω)	バラツキ (%)	平均値 (Ω)	バラツキ (%)	平均値 (Ω)	バラツキ (%)	平均値 (Ω)	バラツキ (%)	
実施例 1	581	4.2	581	1.0	580	1.7	578	5.0	0.5
実施例 2	580	4.0	581	3.0	580	1.0	580	1.5	0.2
比較例 1	580	10.0	581	7.0	581	7.0	580	10.0	0.2

また、上記工程を経て得られたセラミックヒータについて、以下の指標で評価した。

この際、実施例 1 ～ 2、比較例 1 で製造したヒータに、温調器（オムロン社製 E 5 Z E）を取付け、下記の性能評価を実施した。

5 (1) 加熱面内の温度分布の均一性

17 ポイント測温素子付きのシリコンウエハを使用して、面内温度の分布を測定した。温度分布は、200℃設定での最高温度と最低温度の差で示す。

(2) 過渡時の面内温度均一性

室温～130℃まで昇温した時の面内温度の分布を測定した。温度分布は、最高温度と最低温度の差で示す。

(3) オーバーシュート量

200℃まで昇温して、定常温度になる前に200℃から最高どれだけ上昇するかを測定した。

(4) リカバリー時間

15 140℃設定温度で、25℃のシリコンウエハを載置した場合に、140℃まで回復する時間（リカバリー時間）を測定した。

結果を表 3、4 に示す。

表 3

	面内温度分布 (℃)	過渡時の面内温度分布 (℃)
実施例 1	0. 3	3. 1
実施例 2	0. 3	5. 0
比較例 1	1. 0	8. 0

表 4

	オーバーシュート量 (°C)	リカバリー 時間 (秒)
実施例 1	0. 3	2 5
実施例 2	0. 3	2 5
比較例 1	2. 0	3 5

表 1 ～ 2 に示した結果より明らかなように、トリミング後の抵抗発熱体 1 2 a
～ 1 2 d の抵抗値のばらつきは、実施例 1、2 では、チャンネル内でも約 5 % 以
5 下（最も精度の高いもので 1 %）、面内でのばらつきは 0. 5 % 以下と良好であ
った。しかも、抵抗発熱体が溶融するものもない。

これに対して比較例 1 では、チャンネル内でも 7 % 以上で、抵抗発熱体が溶融
してしまうことが判った。

また、表 3 ～ 4 に示した結果より明らかなように、実施例 1、2 では、トリミ
10 ング後のチャンネル内の抵抗ばらつきおよびチャンネル間の抵抗ばらつきもない
ため、定常時および過渡時の面内温度均一性に優れる。また、抵抗値が均一であ
るため、温度制御しやすく、オーバーシュート温度も低く、リカバリー時間も短
い。

これに対して、比較例 1 では、チャンネル内の抵抗ばらつきを小さくすること
15 ができないため、定常時および過渡時の面内温度均一性に劣る。また、温度制御
性に劣り、オーバーシュート温度も高く、リカバリー時間も長い。

また、比較例 1 では、7 チャンネルでは制御できてない。チャンネル数を増や
して、投入電力を可変して制御する必要がある。

さらに、比較例 1 では、抵抗値の局所的な上昇で過剰発熱して抵抗発熱体が溶
20 融して断線する事例も見られた。

産業上利用の可能性

以上説明したように、本発明によれば、抵抗発熱体に抵抗値のばらつきがほと

んどないため、加熱面の温度均一性に優れたセラミックヒータが得られる。また、抵抗発熱体が加熱溶融することもない。さらに、チャンネル数を減らすことができ、過渡時面内温度均一性を向上させることができ、また、リカバリー時間も短くすることができる。

請求の範囲

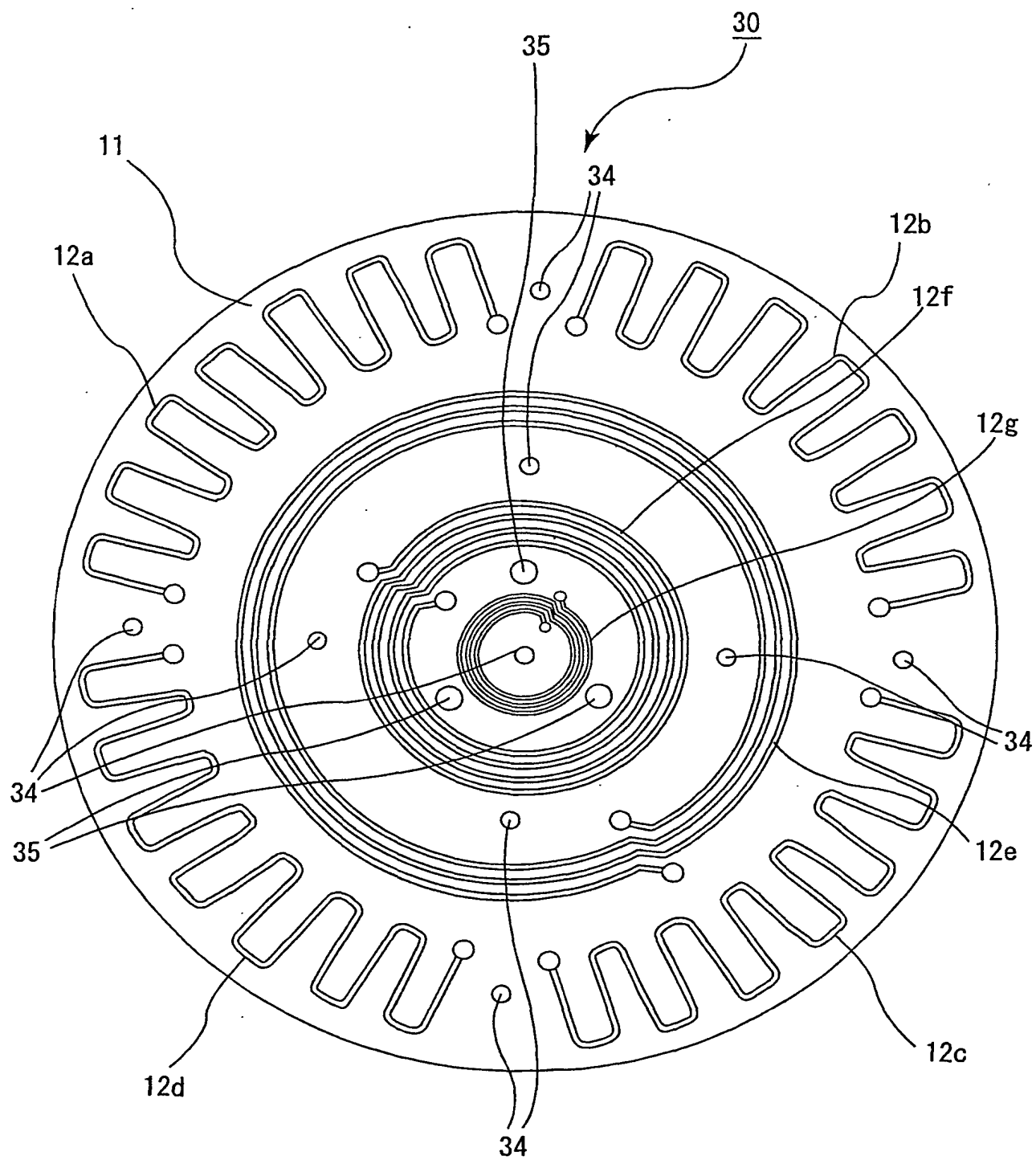
1. セラミック基板上に抵抗発熱体を形成した半導体製造・検査装置用セラミックヒータであって、抵抗発熱体の電流が流れる方向に沿って溝が形成されてなることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

2. 前記溝は、抵抗発熱体厚さの20%以上の深さを持つ請求項1に記載の半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

10 3. 前記抵抗発熱体の平均抵抗値に対する抵抗値のばらつきは、5%以下である請求項1または2に記載の半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

1/8

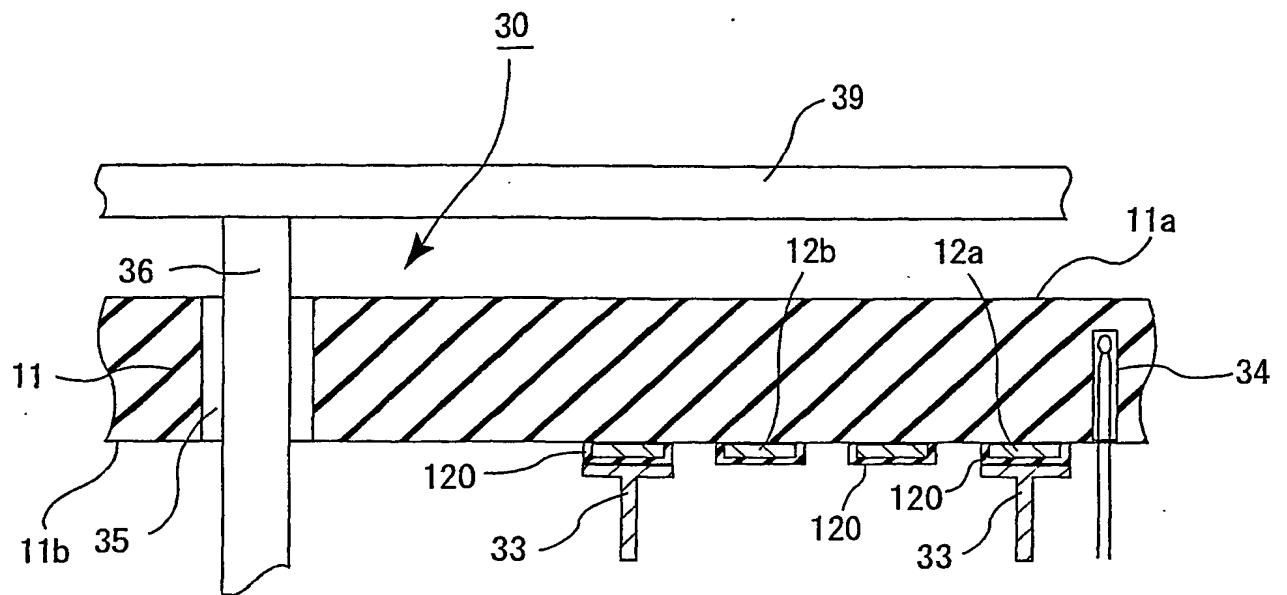
図1



THIS PAGE BLANK (USPTO)

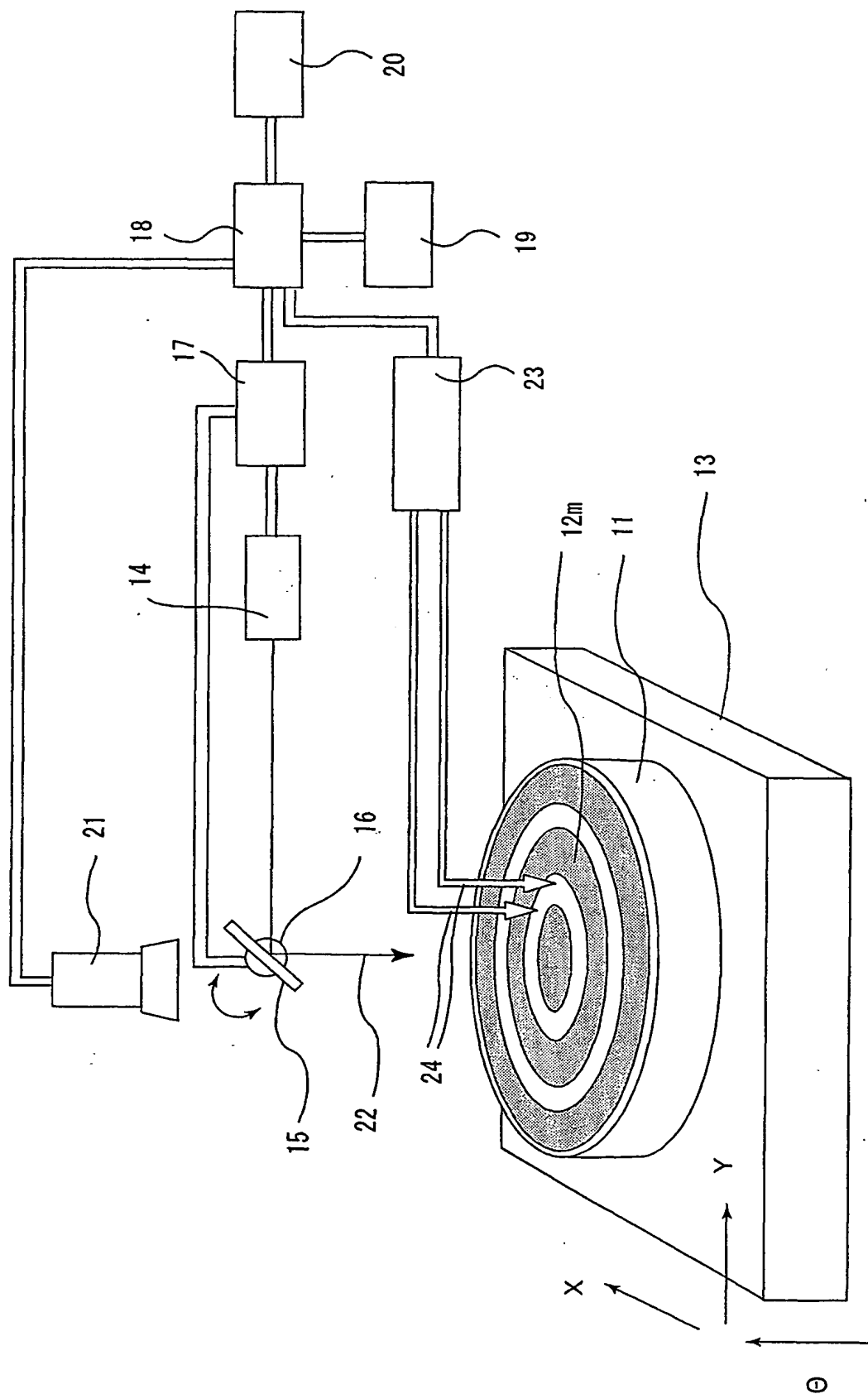
2/8

図2



THIS PAGE BLANK (USPTO)

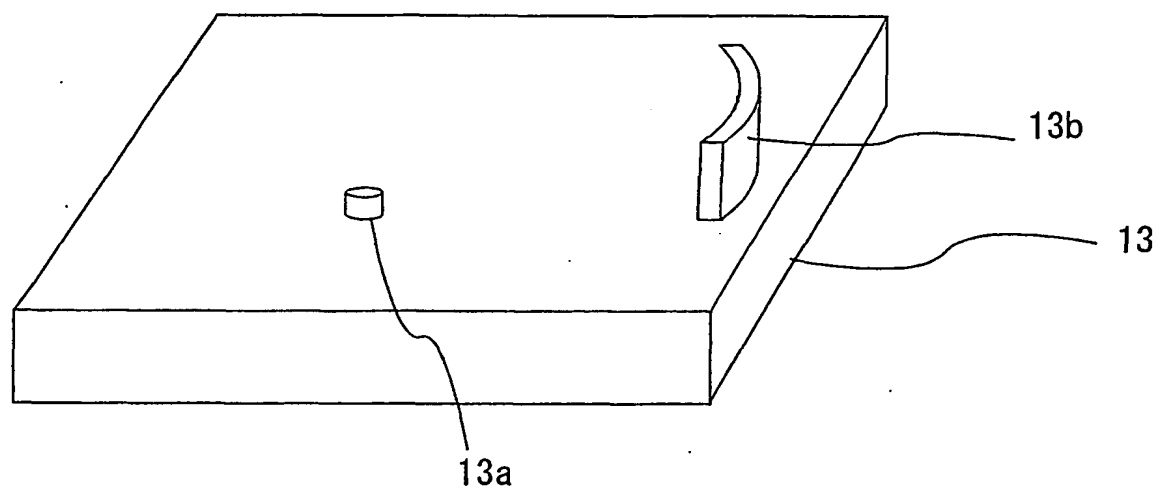
図3



THIS PAGE BLANK (USPTO)

4/8

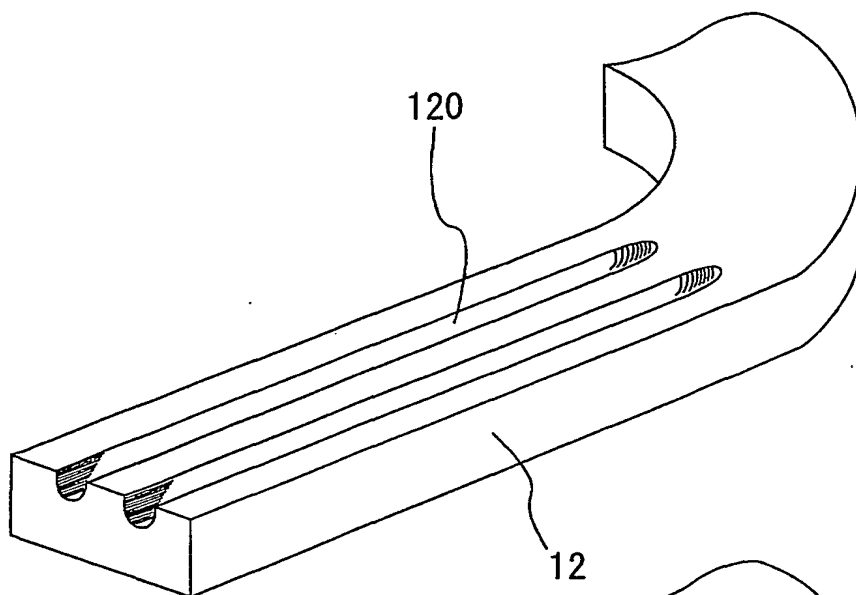
図4



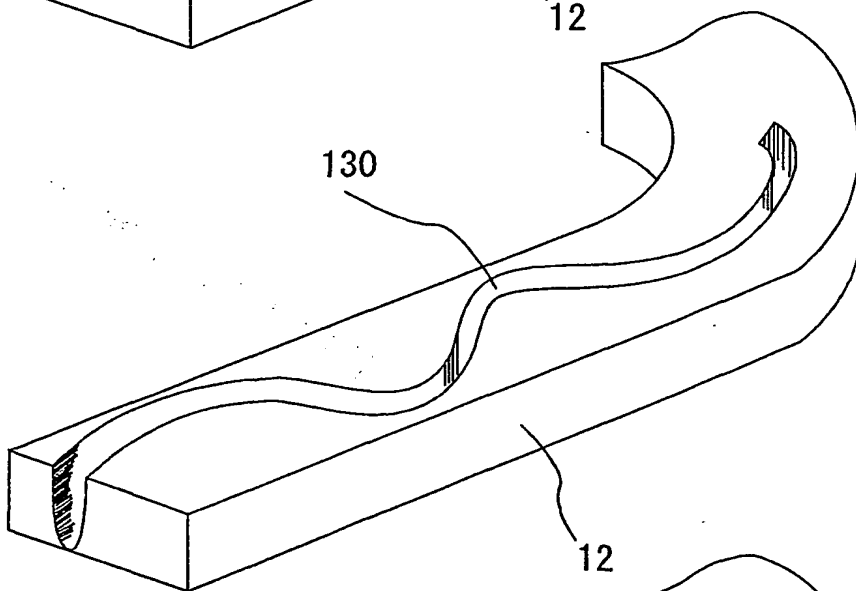
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図5

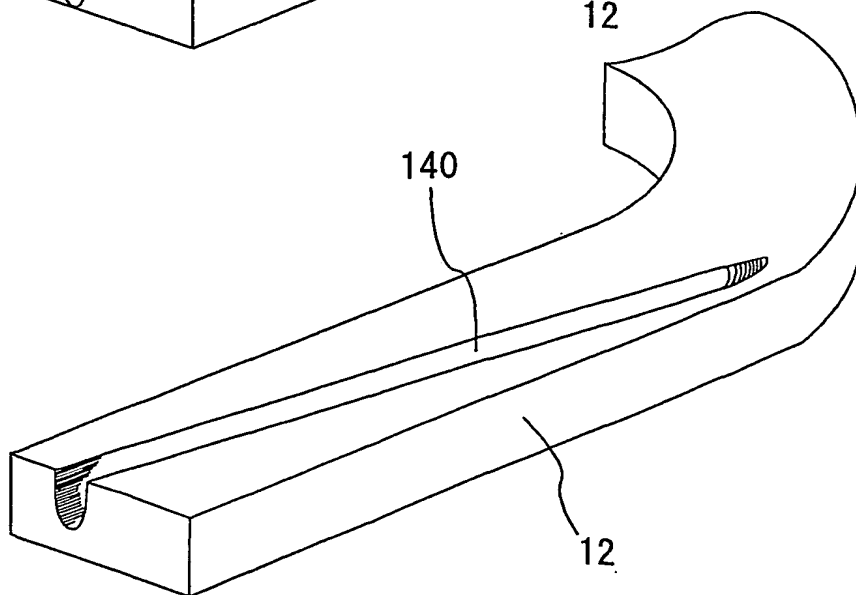
(a)



(b)



(c)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

6/8

図6

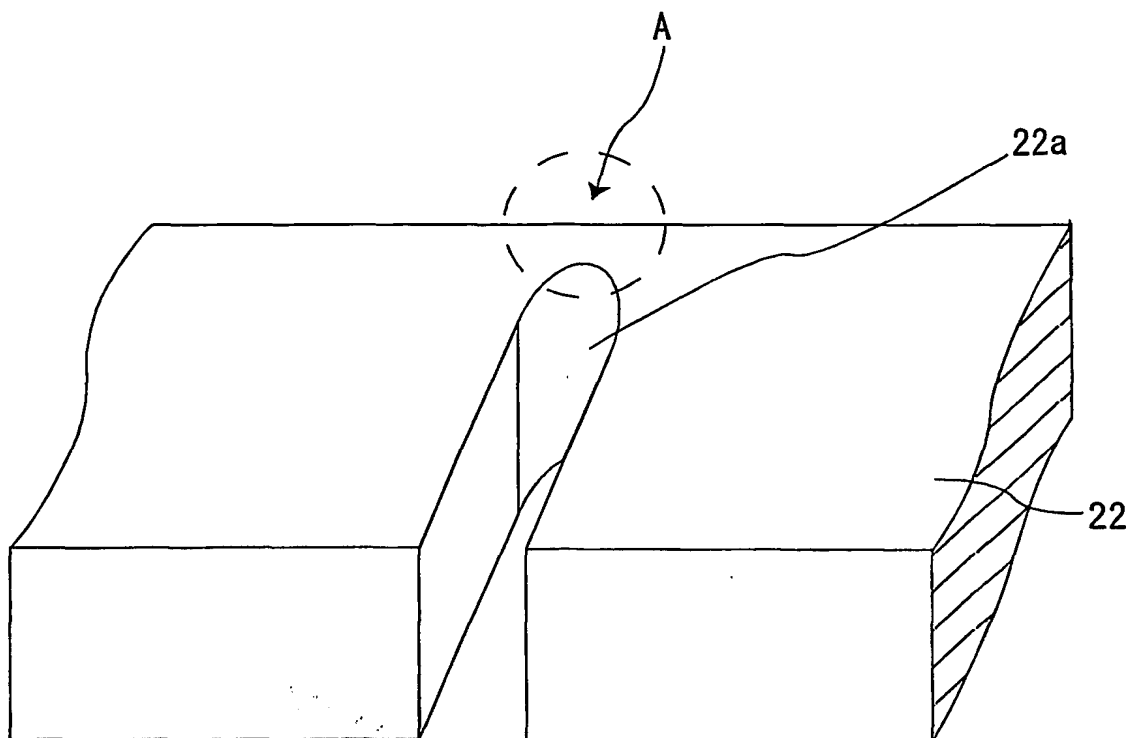
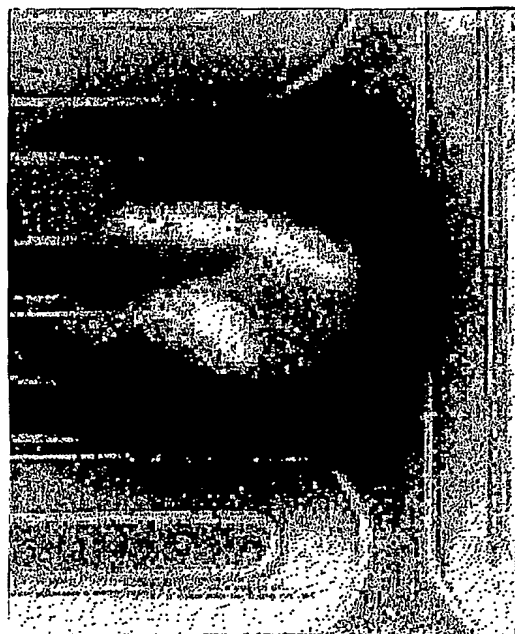


図7



THIS PAGE BLANK (USPTO)

7/8

図8

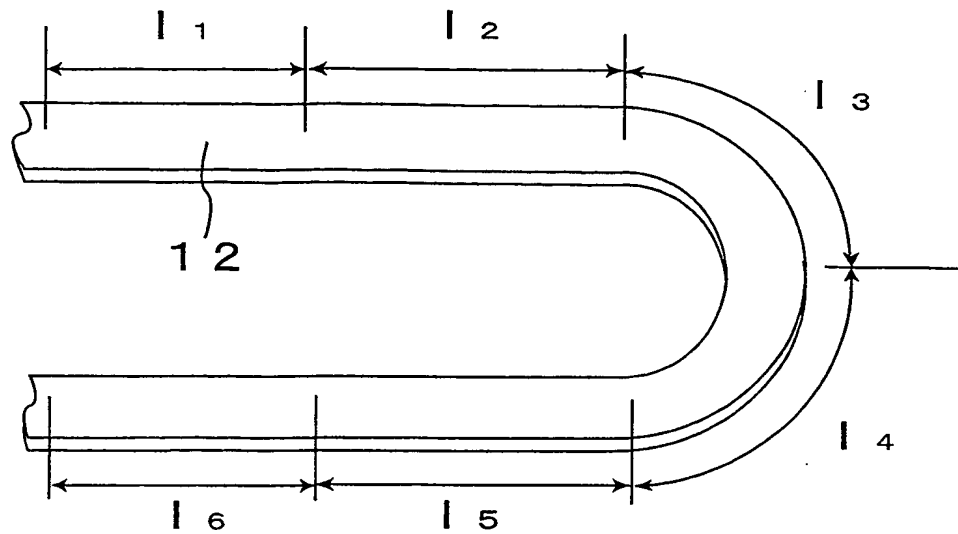
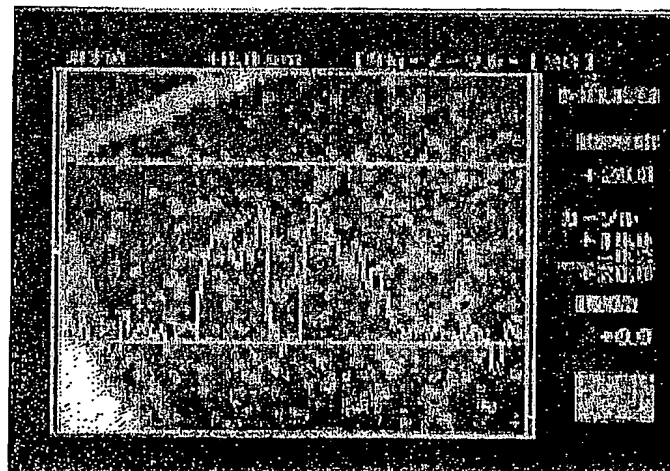


図9

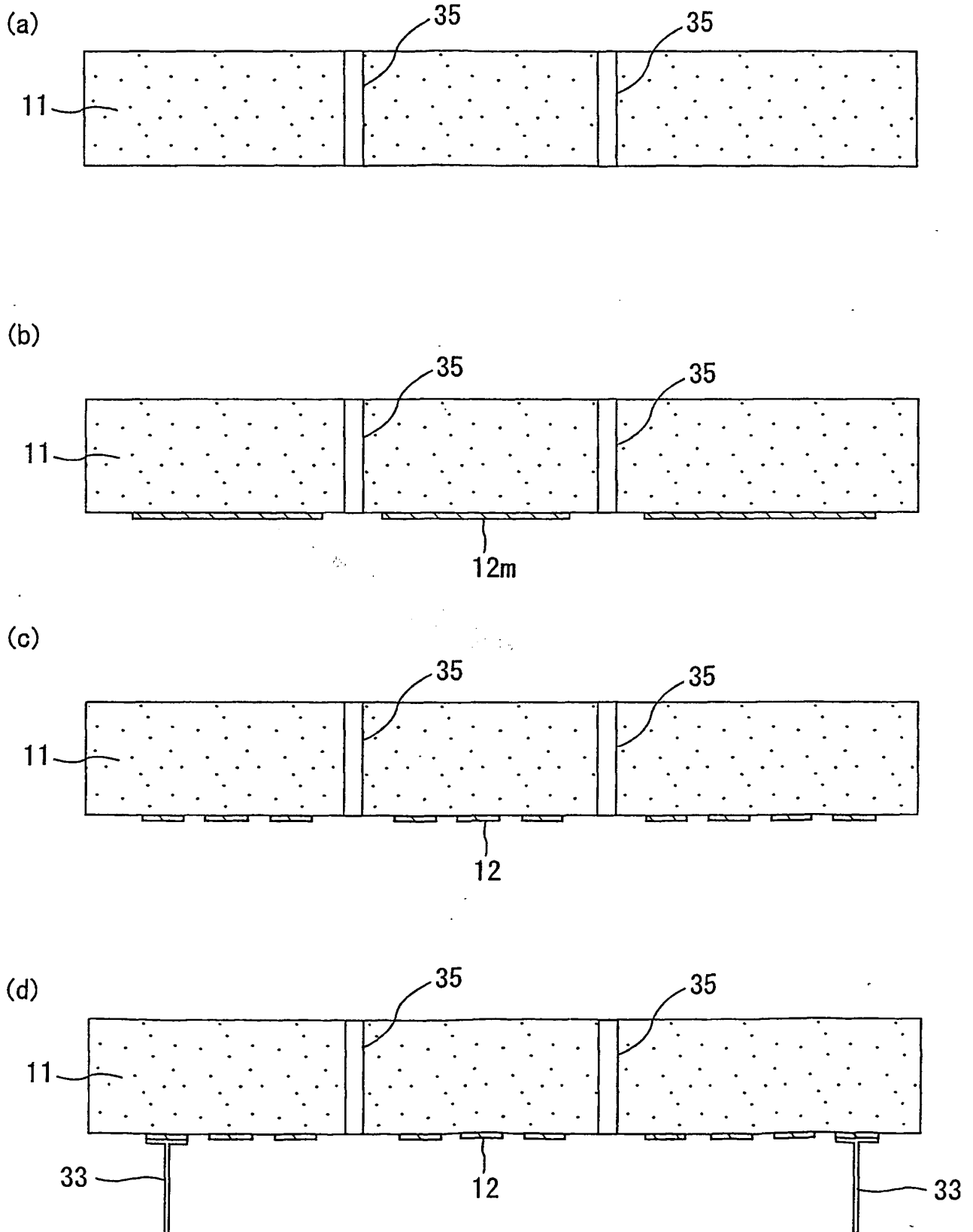


差替え用紙 (規則26)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

8/8

10



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L21/02, H01L21/68, H05B3/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/02, H01L21/68, H05B3/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 9-40481 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 10 February, 1997 (10.02.97), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1-3
Y	JP 40-701 B (Dai 1 Reesu K.K.), 11 January, 1965 (11.01.65), Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-3
A	JP 8-315968 A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 29 November, 1996 (29.11.96), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-3
A	JP 5-258843 A (Toshiba Lighting & Technology Corporation), 08 October, 1993 (08.10.93), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 October, 2001 (24.10.01)

Date of mailing of the international search report
06 November, 2001 (06.11.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/02, H01L21/68, H05B3/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/02, H01L21/68, H05B3/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 9-40481 A (信越化学工業株式会社) 10. 2月. 1997 (10. 02. 97) 全文, 図1 (ファミリーなし)	1-3
Y	JP 40-701 B (第1レース株式会社) 11. 1月. 1965 (11. 01. 65) 全文, 図1-2 (ファミリーなし)	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 10. 01

国際調査報告の発送日

06.11.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小野田 誠

4M

8427

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 8-315968 A (松下電器産業株式会社) 29. 11月. 1996 (29. 11. 96) 全文, 図1-6 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 5-258843 A (東芝ライテック株式会社) 8. 10月. 1993 (08. 10. 93) 全文, 図1-7 (ファミリーなし)	1-3